

Valtteri Suominen

## PURUNPOISTOJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

# **PURUNPOISTOJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU**

Valtteri Suominen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2020  
Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan tutkinto-ohjelma

---

Tekijä(t): Valtteri Suominen  
Opinnäytetyön nimi suomeksi: Purunpoistojärjestelmän suunnittelu  
Opinnäytetyön nimi englanniksi: Design of Sawdust Removal System  
Työn ohjaaja(t): Tomi Jäävirta  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2020  
Sivumäärä: X

---

Opinnäytetyön tilaajana toimii Hepacon Oy. Hepacon Oy on suomalainen työntekijöiden omistama talotekniikan konsulttitoimisto, joka on ollut toiminnassa vuodesta 1978 lähtien. Opinnäytetyön tavoitteena on laatia purunpoistojärjestelmää suunnittelevalle avustava dokumentti. Opinnäytetyössä tarkastellaan, mitkä lakitekstit vaikuttavat suunnitteluun ja milloin niitä sovelletaan suunnitteluun. Lisäksi verrataan matala- ja korkeapainejärjestelmiä ja tutkitaan kyseisten järjestelmien peruskomponentteja.

Tiloissa, joissa työstetään puuta tai puun kaltaisia materiaaleja, syntyy ilmaan merkittäviä määriä epäpuhtauksia pääasiassa puupölyn muodossa. Epäpuhtauksien leviämisen ja haittavaikutusten minimoimiseksi syntynyt puupöly poistetaan hallitusti kohdepoistojen avulla. Purunpoistojärjestelmää suunniteltaessa on tärkeää pitää paine-eronuksen vaipan yli vakiona, jotta välttyään tilaan syntyvältä alipaineelta.

Ydinasiiana purunpoistojärjestelmien suojaamisessa on laitteiston sammuminen vikatilanteessa, jotta vikatilanteen aiheuttanut ongelma ei pääse suurenemaan ja aiheuttamaan laajempaa vaurioita. Hyvä turvaväline purunpoistojärjestelmään on paineenpurku-kalvo, joka paineen äkillisen kasvamisen (pölyräjähdys) yhteydessä lähettää automaatiolle viestin katkaista laitteiston virta.

Toimivan purunpoistojärjestelmän edellytyksenä on osaava suunnittelu. Toimivan järjestelmän suunnittelussa on osattava ottaa huomioon jokainen suunniteltava järjestelmä ja tilaajan toiveet yksilönä. Purunpoistojärjestelmiä on rakennettu ja suunniteltu jo pitkään, joten kokemuseräistä tietoa on olemassa paljon. Suunnittelussa on hyvä käyttää apuna aikaisempien suunniteltujen kohteiden hyviksi ja toimiksi todettuja ratkaisuja. Suuri apu suunnittelussa on myös järjestelmien ja komponenttien valmistajat ja myyjät. Myynnin ohella valmistajien edustajat auttavat mielellään järjestelmien suunnittelussa ja siinä ohessa jakavat myös tietoaan järjestelmien mitoituksesta.

---

Asiasanat: purunpoisto, ilmanvaihto, kohdepoisto

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 YLEISILMANVAIHTO JA KOHDEILMANVAIHTO	7
2.1 Korkeapainejärjestelmä	8
2.2 Matalapainejärjestelmä	9
2.3 Järjestelmätyypit	10
3 PURUNPOISTOJÄRJESTELMÄN KOMPONENTIT	12
3.1 Huuvat	12
3.2 Kanavistot	13
3.3 Poistoilman suodatus	14
3.4 Suodatetun materiaalin keräys	14
3.5 Puhallin	14
4 SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT JA SUUNNITTELURATKAISUT	16
4.1 Yleisilmanvaihto	16
4.2 Tuloilma ja korvausilma	17
4.3 Purunpoistojärjestelmän lämmöntalteenotto	18
4.4 Räjähdyssuojaus	19
4.5 Palosuojaus	20
4.6 Putkisto/kanavisto	22
4.7 Laitteiden sijoittelu ja asennus	23
4.8 Maadoittaminen	23
5 YHTEENVETO	24
LÄHTEET	

# 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyön tilaajana toimii Hepacon Oy. Työn tarkoituksena on esitellä lyhyesti purunpoiston suunnitteluun vaikuttavat lakitekstit ja suunnitteluohjeet. Työssä tutkitaan milloin kyseisiä määräyksiä ja ohjeita on noudatettava ja milloin niiden sisältöä voidaan soveltaa. Opinnäytetyössä verrataan myös yleisimpien purunpoistojärjestelmien kokoonpanoja ja toimintaperiaatteita. Työn pohjalta koostetaan suunnitteludokumentti tilaajayrityksen käyttöön.

Puuta työstettäessä syntyy hengitysilmaan pieniä hiukkasia, jotka pieninäkin määrinä ja toistuvassa altistuksessa ovat haitallisia terveydelle. Oikein suunniteltu ja toteutettu purunpoisto vähentää sairastumisia, tuotantojärjestelmän kunnossapitokuluja ja tilojen siivoustarpeita. Sujuva purunpoisto lisää tuotantoprosessin tehoa, koska se auttaa pitämään olosuhteet jatkuvasti optimaalisina ja raikkaina.

Yleisimpiä puupölyn yhteydessä tavattavia terveyshaittoja ovat silmän sidekalvojen ärsytys. Lisäksi hengityselimiin kulkeutunut puupöly voi aiheuttaa oireita. Ylähengitysteihin jäävät hiukkaset voivat aiheuttaa nenän ja kurkunpään limakalvoilla ärsytysoireita, pääasiassa kutinaa, kirvelyä, tukkoisuutta ja liman eritystä. Syvemmälle hengityselimiin kulkeutuva hienojakoisempi puupöly voi aiheuttaa ei-astmaattista hengitysteiden supistumista.

Keskeisimpiä purunpoistojärjestelmien suunnittelua ohjaavista dokumenteista on standardi SFS-EM 12779. SFS-EM 12779 standardin perimmäinen tarkoitus on yhdenmukaistaa ja tarjota tapa EFTAn (Euroopan vapaakauppajärjestö) terveys- ja turvallisuusvaatimusten ja säädösten täyttämiseksi. Standardin SFS-EM 12779 lisäksi suunnittelua ohjaavat ATEX-säädökset.

Purunpoistoa suunniteltaessa ATEX-säädökset on otettava huomioon, koska puunkäsittelyyn tarkoitetuissa tiloissa voi esiintyä pölyräjähdykseen vaadittava pitoisuus hienoa puupölyä. Pölyräjähdysten vaatima kipinä voi syntyä esimerkiksi puutavarassa olevasta naulasta, joka sirkelöitäessä iskee kipinän.

ATEX pitää sisällään kaksi direktiiviä, joiden pääasiallinen tarkoitus on suojella räjähdysvaarallisissa tiloissa työskenteleviä. ATEX-laite- ja suojajärjestelmädirektiivi (94/9/EY) koskee räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäväksi tarkoitettuja tuotteita. ATEX-olosuhde-direktiivi (1999/92/EY) koskee tuotantolaitoksia ja työskentelypaikkoja, joissa palavat nesteet, kaasut tai pölyt kykenevät aiheuttamaan räjähdysvaaran.

Purunpoistojärjestelmien suunnitteluun ei ole vakiintuneita käytäntöjä. Verrattuna rakennusten perusilmanvaihtojärjestelmiin ja niiden suunnitteluun tarjolla ei ole varsinaisia ohjeita purunpoistojärjestelmien suunnitteluun, mikä tekee järjestelmien suunnittelusta vaikeaa ensikertalaiselle. Ohjeiden puutteen takia opinnäytetyön taustalla on tarve ohjeelle, joka auttaa ymmärtämään purunpoiston suunnitteluun vaikuttavia seikkoja.

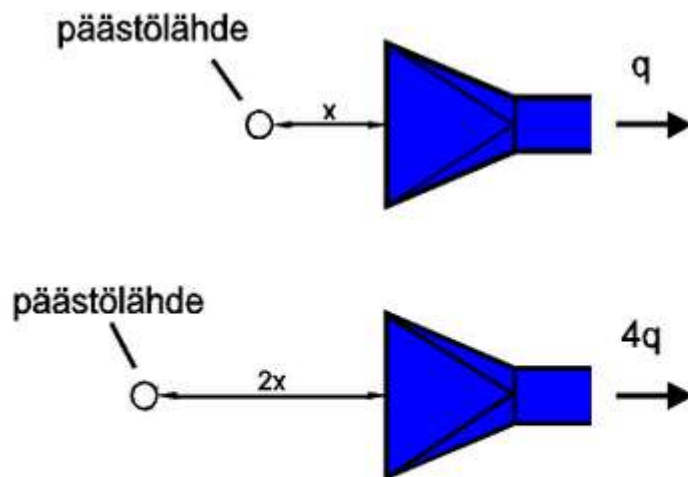
## 2 YLEISILMANVAIHTO JA KOHDEILMANVAIHTO

Teollisuustilojen ilmanvaihto muodostuu yleis- ja kohdeilmanvaihdosta. Yleisilmanvaihtoa käytetään lähinnä ilman lämpötilan ja kosteuden hallintaan sekä laimentamaan kohdepoistojen ohi päässeitä epäpuhtauksia. Kohdeilmanvaihdolla tarkoitetaan yleensä kohdepoistoa, jolla pyritään poistamaan epäpuhtaudet suoraan niiden syntymispaikalla hilliten niiden leviämistä työpaikan ilmaan. Kohdepoistona voi toimia esimerkiksi poistoilmahuuva.

Epäpuhtauksien hallinnassa yleisilmanvaihdon mahdollisuudet rajoittuvat aina jo työilmaan päässeiden epäpuhtauksien laimentamiseen mikä johtaa usein kohtuuttomiin ilmavirtoihin epäpuhtausmäärien ollessa suuria. Lisäksi päästölähteiden läheisyyteen muodostuu paikallisesti korkeita epäpuhtauspitoisuuksia, joiden laimentaminen riittävän alhaiselle tasolle ei onnistu yleisilmanvaihdolla, vaikka käytettäisiin suuria ilmavirtoja. Tämän vuoksi kohdeilmanvaihtoa kannattaa käyttää aina kun päästölähteet ovat työilman laadun kannalta merkittäviä ja selkeästi paikallistettavia.

Kohdeilmanvaihdolla on perinteisesti tarkoitettu kohdepoistoa, jolla pyritään poistamaan epäpuhtaudet suoraan muodostumispaikaltaan ennen niiden leviämistä työpisteen ilmaan. Kohdepoistot vähentävät yleensä välittömästi työntekijöiden altistumista ja toisaalta pienentävät tilan yleisilmanvaihdon kuormitusta. Jos sisäilma sisältää esimerkiksi  $6 \text{ g/m}^3$  epäpuhtauksia ja epäpuhtauksien raja-arvo on  $3 \text{ g/m}^3$ , on ilmamäärä tuplattava, jotta epäpuhtauksien määrä laskee vähintään raja-arvoon. (1.)

Kohdepoistojen sijoittaminen tarpeeksi lähelle epäpuhtauslähdettä on tärkeää, jotta saavutetaan mahdollisimman suuri sieppausaste mahdollisimman pienellä ilmavirralla. Kuvassa 1 havainnollistetaan päästölähteen etäisyyden merkitys poistoilmavirran suuruuteen.



$q$  = ilmavirta jolla saavutetaan riittävä sieppausnopeus

$x$  = päästölähteen ja huuvin välinen etäisyys

KUVA 1. Päästölähteen etäisyys vaikuttaa tarvittavan poistoilmavirran suuruuteen merkittävästi (2).

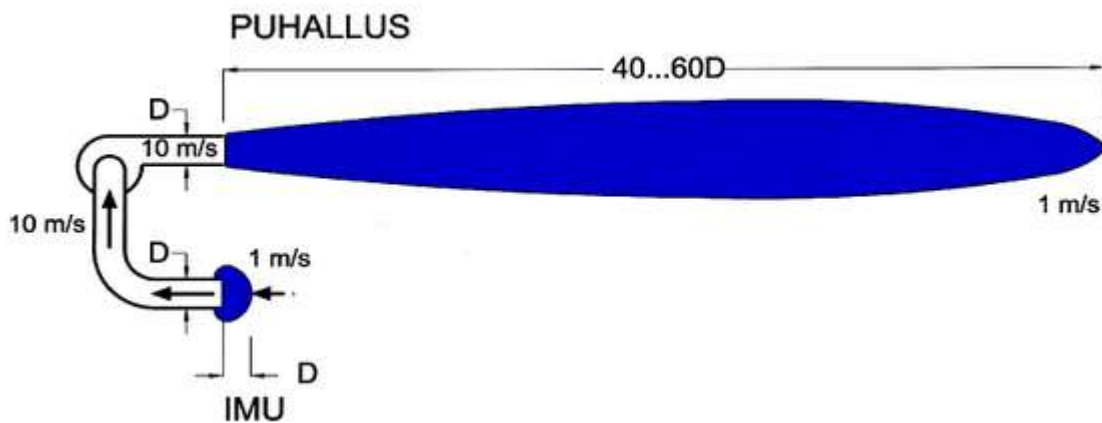
Pääosin teollisuudessa käytetään kahdenlaisia kohdepoistojärjestelmiä: korkea- ja matalapainejärjestelmiä. Tässä luvussa esitellään näiden järjestelmien vahvuuksia ja puutteita sekä järjestelmien yleisimpiä käyttötarkoituksia. Luvussa käydään myös läpi purunpoistojärjestelmien järjestelmärakenteet perusperiaatteineen ja yleisempine käyttökohteineen.

## 2.1 Korkeapainejärjestelmä

Korkeapainejärjestelmän toiminta perustuu pieneen tilavuusvirtaan ja suuriin paine-eroihin. Korkeapainejärjestelmissä paine-ero puhaltimelta päätelaitteelle vaihtelee noin 10 ja 30 kPa:n välillä ja virtausnopeus kanavistossa voi olla jopa 50 m/s. (2.) Suuret paine-erot ja virtausnopeudet saavutetaan kanavien pienillä halkaisijoilla verrattuna matalapainejär-



jestelmän kanavakokoihin. Pienen ilmavirran takia korkeapainejärjestelmä sieppaa hiuk-  
kasia vain hyvin läheltä imuaukkoa. Kuvassa 2 havainnollistetaan imuvirtauksen heikkoa  
tehoa verrattuna puhallusvirtaukseen.



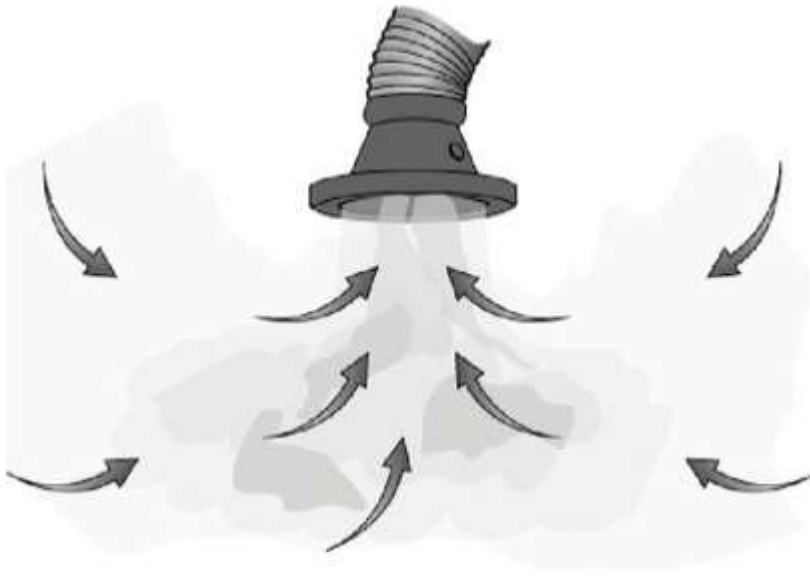
KUVA 2, Puhallussuihkun ja imun vaikutusetäisyyksien vertailua (2)

Korkeapainejärjestelmä sopii erityisesti imurointiin ja pienien hiukkasten kohdepoistoon. Korkeapainejärjestelmiä käytetään esimerkiksi hionta- ja pistosahalaitteiden synnyttä-  
mien hienojakoisen pölyn poistoon. Suutin imee tehokkaasti hienojakoisen pölyn suuren  
poistoilman virtausnopeuden takia. Suuri ilman virtausnopeus kuluttaa purunpoistokana-  
vistoa enemmän verrattuna matalapainejärjestelmien virtausnopeuksiin. Kulumisen  
vuoksi korkeapainejärjestelmien kanavaseinämien paksuus on suurempi verrattuna ma-  
talapainejärjestelmän kanavaseinämiin.

## 2.2 Matalapainejärjestelmä

Matalapainejärjestelmän toiminta perustuu suureen tilavuusvirtaan ja pieneen paine-  
eroon. Kanavakoot ovat suurempia kuin korkeapainejärjestelmässä pienen painehäviön  
vuoksi. Paine-ero puhaltimen ja päätelaitteen välillä on matalapainejärjestelmissä  
yleensä noin 5 kPa ja virtausnopeudet kanavistossa vaihtelevat 5–15 m/s välillä. (2). Al-  
haisempien virtausnopeuksien takia kanavat eivät kulu yhtä paljon verrattuna korkeapai-  
nejärjestelmään. Matalapainejärjestelmän ilmavirran ollessa suuri sopii se käytettäväksi

käryjen, pölyjen ja leijuvien epäpuhtauksien poistamiseen hieman kauempaakin pääte-  
laitteesta suuremman tilavuusvirran ja virtausaukon takia. Kuvassa 3 on esitetty matala-  
painejärjestelmän tyypillinen pölynpoistohuuva.

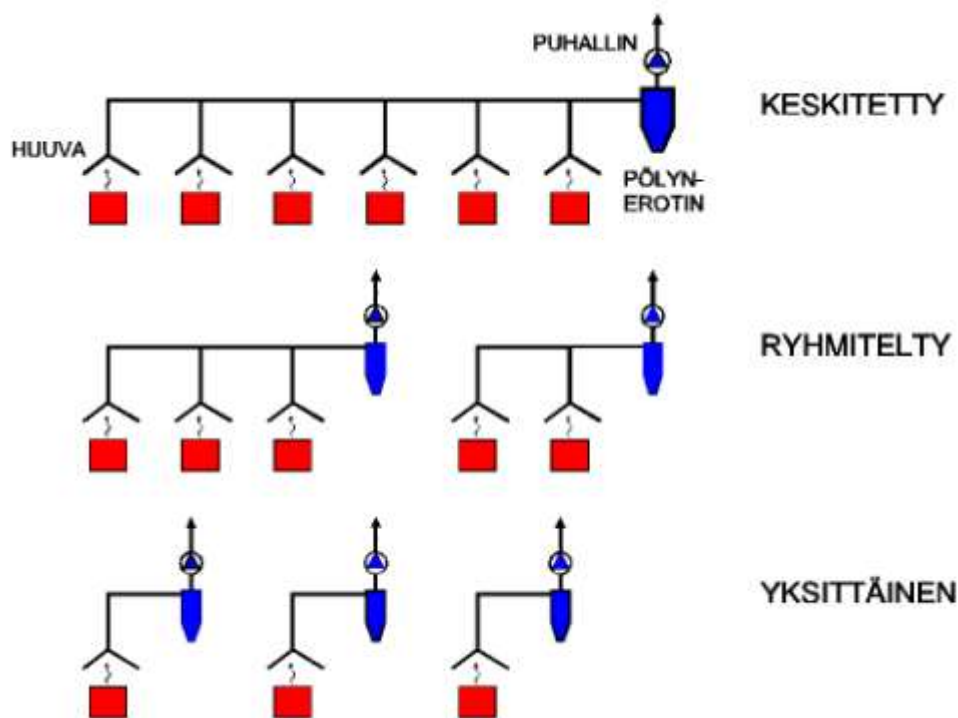


*KUVA 3. Matalapainejärjestelmän pölynpoistohuuva (3, s. 4)*

### 2.3 Järjestelmätyypit

Kohdepoistojärjestelmiä on käytännössä kahta eri päätyyppiä: keskitettyjä- ja yksittäisiä purunpoistojärjestelmiä. Keskitetyssä järjestelmässä kaikki purunpoistoa vaativat laitteet on kytketty kanavilla yhteen puhaltimeen ja suodatinlaitteistoon, kun yksittäisessä järjestelmässä kukin kohdepoisto on varustettu omalla suodatin- ja puhallinlaitteistolla. Keskitetty järjestelmä on investointina ja kuluiltaan edullisin, mutta sen tasapainoon säätäminen on haastavaa verrattuna yksittäiseen purunpoistojärjestelmään. Keskitetyn järjestelmän muuttaminen on vaikeaa, sillä lisättäessä tai poistettaessa kohdepoisto eivät suunnitellut poistoilmavirrat enää välttämättä toteudu kaikissa poistoilmahuuvissa. Seurauksena on järjestelmän epätasapaino ja sen korjaamiseksi on tehtävä uudelleen tasapainotus. Vanhan järjestelmän kanavarakenne voi olla uusien haarojen lisäämisen kannalta haasteellinen, jolloin keskitetyn järjestelmän muuttaminen voi olla hankalaa.

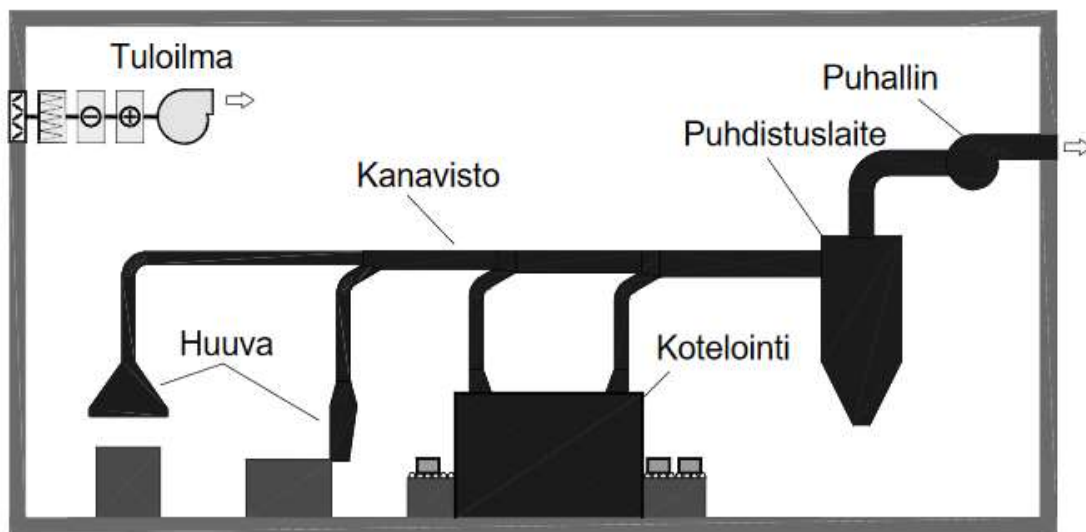
Keskitetyllä ja yksittäisellä järjestelmällä on myös välimalli: ryhmitelty järjestelmä. Ryhmitelty järjestelmä on periaatteessa samanlainen kuin keskitetty järjestelmä, mutta yhteen poistoilmalaitteistoon on kytketty useampi poistoilmahuuva ja usean poistoilmahuuvan kokonaisuuksia on vähintään kaksi. Ryhmitellyn järjestelmän etu on sen joustavuus verrattuna keskitettyyn järjestelmään. Järjestelmän rakenne on yksinkertaisempi, jolloin kanavistoa on helpompi muokata. Ryhmitelty järjestelmä on kalliimpi investointi verrattuna keskitettyyn järjestelmään, mutta investointikustannukset ovat kuitenkin pienemmät verrattuna yksittäiseen järjestelmään. Ryhmitellyn järjestelmän hankkiminen on perusteltua purunpoistoa vaativien laitteiden sijaitessa hajallaan useamman laitteen ryppäissä. Kuvassa 4 on esitetty mainittujen järjestelmien periaatekuvat



KUVA 4, Periaatekuva eri kohdepoistojärjestelmien rakenteesta (4, s.96).

### 3 PURUNPOISTOJÄRJESTELMÄN KOMPONENTIT

Purunpoistojärjestelmä koostuu huuvista, kanavista, puhdistuslaitteesta ja puhaltimesta. Yleensä purunpoistojärjestelmään kuuluu myös palautusilmaa käsittelevä laite tai erillinen tuloilmakone, joilla estetään liiallisen alipaineen syntyminen tilaan. Keskitetyn purunpoistojärjestelmän perusrakenne on esitetty kuvassa 5.



KUVA 5. Keskitetyn kohdepoistojärjestelmän rakenne (4, s. 94)

#### 3.1 Huuvat

Huuvat ovat yleisimpiä kohdepoistojärjestelmän päätelaitteita. Huuvat pyritään sijoittamaan aina mahdollisimman lähelle epäpuhtauslähdettä varsinkin silloin kun käytetään korkeapainejärjestelmää. Huuvan hyvällä sijoittelulla ja huuvan oikeanlaisella muotoilulla saavutetaan mahdollisimman suuri sieppausaste, mikä vähennetään ympäröivään ilmaan kulkeutuvien epäpuhtauksien määrää huomattavasti. Huuvien pääasiallinen tehtävä on vähentää yleisilmanvaihdon tarvetta imemällä epäpuhtauksia suoraan epäpuhtauslähteestä, jolloin epäpuhtauksien pitoisuudet ympäröivässä tilassa pysyvät alle raja-

arvojen. Epäpuhtauksien minimaalisen leviämisen ansiosta tilaan ei tarvitse mitoittaa tarpeettoman suurta määrää yleisilmanvaihtoa.

Huuvat asennetaan yleensä joustavien kanavien päähän, jotta niiden säätäminen mahdollisimman lähelle epäpuhtauslähdettä on mahdollisimman helppoa ja ennen kaikkea nopeaa. Huuvan yhteyteen voidaan asentaa mikrokytkimellä varustettu sulkupelti, joka kytkeytyessään lähettää automaatioon käskyn avata korvausilmareitti. Hetki korvausilmareitin avautumisen jälkeen automaatio käynnistää purunpoistolaitteiston puhaltimen. Näin estetään tilan liika alipaineistuminen.

Työstölaite voidaan koteloida, jolloin pölyä tuottava laite voidaan erottaa työtilasta joko kokonaan (kotelointi) tai osittain (osakotelointi) ilman että laitteen käyttö vaikeutuu. Epäpuhtaudet poistuvat koteloinnin sisältä lähes täysin leviämättä huoneilmaan. Kotelointia käytetään varsinkin kuljettimissa, joissa pölyn pudotuskohtiin asennetaan kotelointi ehkäisemään pölisemistä ja näin estämään räjähtävien pölypitoisuuksien esiintyminen. Koteloinnin suurimpana etuna onkin tehokas epäpuhtauksien hallinta ilman ympäröivän ilmavirran aiheuttamia häiriövirtauksia. Koteloinnin ansiosta myös laitteen käyntiäänäni vaienee hieman. Koteloinnin haittapuolena on työstölaitteen huollon hankaluus, sillä laitetta on lähes mahdoton huoltaa purkamatta kotelointia ensin pois huollettavan osan tieltä.

### **3.2 Kanavistot**

Kanavistot yhdistävät purunpoistojärjestelmän eri osat toisiinsa. Kanaviston runko rakennetaan yleensä pyöreästä suorasaumatusta teräskanavasta. Teräskanava kestää muovikanavaan verrattuna paremmin kulutusta ja alipaineistusta. Teräskanava ei naarmuunnu käytössä juuri ollenkaan verrattuna muovikanavan pinnan urautumiseen. Pyöreän rakenteen ja normaaliin ilmastointikanavaan verraten paksun seinämävahvuuden takia kanavan saumat eivät vetäydy sisäänpäin suuren alipaineen alaisena. Kulutuksen kesto vaikuttaa pitkällä aikavälillä kanavan painehäviöön merkittävästi kanavan sisäpinnan pysyessä sileähkönä pitkään. Teräskanavan palonkesto-ominaisuudet ovat paljon

paremmat verrattuna muovikanavaan, mikä tekee teräskanavasta oletusmateriaalin purunpoistojärjestelmää suunniteltaessa. Teräksisen runkokanavan liitokset tehdään yleensä laippaliitoksilla tiiviyn, kulutuksen- ja palonkeston maksimoimiseksi.

### **3.3 Poistoilman suodatus**

Kohdepoiston tarkoituksena on poistaa ilmasta puun työstössä syntyneet epäpuhtaudet, joten epäpuhtauksia ei saa levittää ympäristöön. Tästä syystä poistoilma suodatetaan ennen ulospuhallusta. Partikkelien suodattamiseen voidaan käyttää monia erilaisia menetelmiä. Yleisimmät niistä ovat mekaaniset erottimet, pintasuodattimet, sähkösuodattimet ja märkäpesurit.

### **3.4 Suodatetun materiaalin keräys**

Suodattimiin siepattua puuainesta ei saa puhaltaa ulkoilmaan, joten se täytyy johtaa erilliseen laitteeseen tai säiliöön. Keräysastia tai -laite mitoitetaan käytön mukaan ja nykyaisissa järjestelmissä sen täyttöastetta voidaan seurata automatiikalla, jolloin astian tai laitteen tyhjennystarve on helppo todeta. Purun keräysyksiköiden valinnassa kannattaa käyttää hyväksi todettuja ratkaisuja niiden varman toiminnan takaamiseksi.

### **3.5 Puhallin**

Puhallin sijoitetaan järjestelmään siten, että sen läpi virtaa vain suodatettua poistoilmaa. Suodatettu ilman johtaminen puhaltimen läpi vähentää puhaltimen likaantumista ja kulumista. Purunpoistojärjestelmän puhallin kannattaa mitoittaa siten, että sen maksimi tuotokapasiteetti on suurempi kuin tarvittava poistoilmamäärä. Puhaltimen ollessa ylimitoitettu on järjestelmän laajentaminen myöhemmin helpompaa. Jos esimerkiksi joitakin työstökoneita päivitetään tulevaisuudessa suuremmiksi tai jos järjestelmään halutaan lisätä kohdepoistopisteitä, ei puhallinta tarvitse järjestelmän kalleimpana osana uusia.

Hieman ylisuuri puhallin vie jonkin verran enemmän käyttösähköä verrattuna juuri oikean kokoiseksi mitoitettuun puhaltimeen, mutta energiakustannukset ovat silti huomattavasti pienempiä verrattuna uuden moottorin investointikustannuksiin. Puhallinta mitoitettaessa työstökoneiden suositellut poistoilmamäärät saadaan laitetoimittajalta tai niiden puuttuessa voidaan käyttää kokemuseräisiä poistoilmamääriä. Taulukossa 1 on esitetty joidenkin työstökoneiden poistoilmamääriä.

*TAULUKKO 1. Puuntyöstökoneiden poistoilmamääriä (5)*

Työstökone	Koko	Poistoilmamäärä [m <sup>3</sup> /h]
Nauhahiomakone	Alle 150 mm	745
Nauhahiomakone	150 -230 mm	935
Laikkahiomakone	alle 300 mm	595
Laikkahiomakone	300 -450mm	745
Rumpuhiomakone	hioma-ala alle 0,13 m <sup>2</sup>	595
Rumpuhiomakone	0,13 -0,26 m <sup>2</sup>	935
Pyörösaha	sis. Jiirisaha, pöytäsaha ymv.	595
Vannesaha		595
Oikohöylä	alle 150 mm	595
Oikohöylä	150 -300 mm	745
Tasohöylä	alle 330 mm	670
Tasohöylä	330 -550 mm	1300
Jyrsin	pöytämalli	330
Kutteri		595
Sorvi	pieni	595
	keskisuuri	935
	iso	1300

## 4 SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT JA SUUNNITTELURATKAISUT

Tässä luvussa käsitellään purunpoistojärjestelmän suunnitteluratkaisuihin vaikuttavia laitekstejä ja esitetään ehdot toteuttavia suunnitteluratkaisuja. Luvussa käsitellään yleisilmanvaihdon määrittäystä, räjähdysuojausta, palosuojausta, laitteiden maadoitusta, tulo- ja korvausilman huomioimista ja poistoilman lämmöntalteenoton kannalta huomioitavia asioita.

Ohjeteksteistä luvussa käsitellään pääasiassa standardia SFS-EN 12779 ja ATEX-määräyksiä. Standardissa esitetään purunpoistojärjestelmän keskeisimmät vaatimukset vaarojen välttämiseksi. Ensisijaisesti standardin vaatimukset kohdistuvat lastun- ja pölynpoistojärjestelmän valmistajiin, mutta standardista on hyötyä myös järjestelmien suunnittelijoille. (6, s.6)

Standardia SFS-EN 12779 sovelletaan kaikkiin kiinteästi asennettuihin lastun- ja pölynkeräysjärjestelmiin, joiden tilavuusvirtaus on alle 6000 m<sup>3</sup>/h ja joissa käsitellään vain puuta ja puun kaltaisia materiaaleja. Standardissa ei käsitellä raitisilman tuloa, eikä purunpoistojärjestelmän siilon tyhjennysjärjestelmää lukuun ottamatta siilon tyhjennysjärjestelmän ja purunpoistojärjestelmän välisiä vaikutuksia. Standardi ei koske purunpoistojärjestelmiä, jotka on tarkoitettu yli 200 bar m/s oleville  $K_{st}$  arvoille.

Standardin SFS-EN 12779 sivulla 7 on lista, jossa kerrotaan mihin standardia ei tarvitse soveltaa. Standardissa on silti esitetty toimivia ja ennen kaikkea hyväksytyjä suunnitteluratkaisuja ja vaatimuksia, joten niitä on hyvä noudattaa, vaikka niiden noudattamista ei järjestelmältä vaadittaisikaan.

### 4.1 Yleisilmanvaihto

Tiloissa, joissa on pölynpoistoa, on oltava myös tuloilmaa. Tuloilma voi olla joko koneellista tuloilmaa, muista tiloista tuotua siirtoilmaa tai korvausilmaventtiileistä johdettavaa korvausilmaa. Yleispoistoilmavirrat ovat pääsääntöisesti käyttöajan ulkopuolella saman-



suuruisia tuloilman kanssa. Purunpoistojärjestelmän ollessa päällä tuloilmaa pitää tehostaa riittävästi, jotta estetään tilan liiallinen alipaineistuminen. Yleisilmanvaihdon määrityksessä uudiskohteissa käytetään asetusta sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta (1009/2017). Sen rinnalla voidaan hyödyntää ohjeena Finvac ry:n ilmanvaihdon mitoitusopasta. Saneerauskohteissa ilmavirtojen määrittäminen on tapauskohtaista.

Lämmöntalteenoton ja palautusilman käyttö teollisuustilojen tapauksissa on aina tapauskohtaista. Palautusilman käyttö riippuu epäpuhtauksien laadusta, eikä poistoilmaa saa tämän takia käyttää palautusilmana suodattamattomana. Palautusilmaa voidaan tapauskohtaisesti käyttää, jos se ei heikennä ilmanlaatua. Palautusilman käyttämiseksi siitä suodatetaan epäpuhtaudet (puupöly) pois ja johdetaan esisuodattimen läpi tiivistä kanavaa pitkin ainakin hienosuodattimelle (HEPA) saakka. Palautusilman käyttö purunpoistojärjestelmissä on kuitenkin harvinaista verrattuna suodatetun poistoilman suoraan ulos puhaltaviin järjestelmiin. Palautusilman käyttämisestä täytyy kuitenkin aina olla yhteydessä alueen vastaaviin rakennusviranomaisiin suunnitteluratkaisun hyväksyntää varten, sillä esimerkiksi monien kaupunkien suunnitteluohjeissa palautusilman käyttö on lähtökohtaisesti kielletty. Seuraavassa on ote Oulun tilapalveluiden LVI-suunnitteluohjeesta.

*”Mikäli käytetään palauttavaa, LTO:lla varustettua purunpoistolaitteistoa, tulee LTO:n huurteensulatusjaksoja varten suunnittelussa huomioida korvausilman saanti. Huom! suodatettua purunpoistoilmaa ei saa palauttaa vaan on käytettävä välillistä LTO-ratkaisua.” (8)*

## 4.2 Tuloilma ja korvausilma

Purunpoistojärjestelmä poistaa tilasta suuria määriä huoneilmaa, jolloin tila jää herkästi alipaineiseksi. Alipaineistumisen estämiseksi on huolehdittava riittävästä tulo- ja korvausilman määrästä. Tuloilmavirta voidaan tuoda siirtoilmana muista tiloista, tuloilmana ulkoilmasta tai korvausilmana rakennuksen vaipan läpi korvausilmaventtiilien kautta. Tärkeintä on kuitenkin huolehtia, että tila pysyy jatkuvasti hieman alipaineisena, jotta estetään ilmassa olevan pölyn kulkeutuminen muualle rakennukseen.

Teollisuudessa käytetään usein erillistä tuloilmakonetta, joka tuo tilaan riittävästi tuloilmaa. Poistoilmavirtojen ollessa todella suuria ei vaipan yli tuotavaa korvausilmaa voida käsittelemättömänä käyttää, sillä alilämpöinen korvausilma jäähdyttää lämpimiä tiloja talvella todella tehokkaasti.

#### **4.3 Purunpoistojärjestelmän lämmöntalteenotto**

Poistoilmaluokista 3 ja 4 johtuen purunpoistojärjestelmissä ei saa myöskään käyttää suoraa lämmöntalteenottoa, jolloin lämmöntalteenotto täytyy toteuttaa välillisellä LTO-laitteella. LTO-järjestelmät säästävät eniten energiaa, jos järjestelmä on käynnissä jatkuvasti. Purunpoiston pätkäkäytössä lämmöntalteenotosta ei välttämättä saada tarvittavan suurta hyötyä investointikustannuksiin nähden, jolloin lämmöntalteenottojärjestelmän suunnittelu osaksi purunpoistojärjestelmää on kyseenalaista.

Purunpoistojärjestelmän ilmavirrat ovat suuria, joten LTO vaatii paljon tilaa. Ellei järjestelmä toimi toivotulla teholla on suuren tilan varaaminen LTO-järjestelmälle huono ratkaisu. Varsinkin kylmällä säällä LTO:n läpi tuleva suuri ulkoilmamäärä ei pätkäkäynnin takia ehdi lämmitä riittävästi. Viileän ilman vaikutuksesta LTO alkaa välittömästi huurtumaan, jolloin lämmöntalteenoton jäätymisenesto käynnistyy. Tällöin tuloilma ohjataan lämmöntalteenoton ohi ja lämmitetään täysin lämmityspatterilla eikä LTO:sta ole käytännön hyötyä. LTO:n läpi tuleva tuloilma on huoneilmaan nähden alilämpöistä, koska pätkäkäynnissä jälkilämmityspatteri ei ehdi reagoida automatiikan käskyihin tarpeeksi nopeasti. Jälkilämmityspatteri on kuitenkin pakollinen osa järjestelmää, sillä talvella pelkästään LTO:lla ei saada lämmitettyä tuloilmaa tarpeeksi. Lämmöntalteenoton käyttö on tutkittava tapauskohtaisesti tilaajan ilmoittamien todellisten käyttöaikojen mukaan.

#### 4.4 Räjähdyssuojaus

Räjähdyksien täydellinen esto ei ole mahdollista, joten purunpoistoa suunniteltaessa on suunniteltava vähintäänkin riittävät varotoimet mahdollisen räjähdysvaralle. Tulipalo tai räjähdys suodattimessa tulee havaita sopivilla sensoreilla, jotta automatiikka voi reagoida mahdollisimman nopeasti. Automatiikan tulee sammuttaa pölyn- ja purunpoistojärjestelmä, sulkea palautusilmapelti ja kytkeä päälle havaittava hälytys. Myös puupurun ja puupölyn säilöntäpaikka (siilo tai säiliö) tulee varustaa antureilla, jotka havaitsevat mahdollisen räjähdysvaran. Antureiden havaitessa räjähdysvaran automatiikka sammuttaa kaikki kuljettimet ja kytkee havaittavan hälytyksen. (6, s.16)

Esimerkkinä räjähdysvaran havaitsevista sensoreista on paineenpurkukalvo (murtokalvo), joka sammuttaa järjestelmän laitteiston räjähdysvaran yhteydessä. Paineenpurkukalvot ovat turvalaitteita, jotka toimivat varmasti ja nopeasti niille asetetussa murtumispaineessa eli murtopisteessä. Paineenpurkukalvo sijoitetaan räjähdysvaraan järjestelmäosan välittömään läheisyyteen, jotta se reagoi mahdollisimman nopeasti räjähdysvaraan pienentäen räjähdysvaran aiheuttamia vahinkoja. Murtuessaan paineenpurkukalvo lähettää automaatioon viestin, jolloin automaatio sammuttaa järjestelmän puhaltimen ja muut sähkölaitteet estäen mahdollisen tulipalon.

Purunpoistolaitteistojen suodattimikot, purusäiliöt ja näiden väliset kuljetuslaitteistot luokitellaan räjähdysvaarallisiksi tiloiksi, minkä vuoksi niiden suunnittelussa täytyy huomioida voimassa olevat räjähdysvaarallisten tilojen vaatimukset ja määräykset. Purunpoistojärjestelmän ollessa rakennuksen ulkopuolinen imukontti tai erillisessä tilassa sijaitseva varsinainen purunpoistolaitteisto voidaan purunpoistokanavaan asentaa ATEX-sertifioitu räjähdysvaran eristysventtiili. Eristysventtiili pysäyttää suodattimessa tapahtuvan pölyräjähdysvaran paineen pääsyn työstötilaan/-laitteille kanavaa pitkin vähentäen henkilö- ja laitevahinkoja. Eristysventtiilin sisällä on läppä, joka sulkeutuu ilman liikkeessä väärään suuntaan estäen ilman takaisinvirtauksen. Kuvassa 6 on esitetty kanavaan asennettava räjähdysvaran eristysventtiili.



*KUVA 6. Oy Säättö Ab:n vigiflap-räjähdyksen eristysventtiili (7)*

Jo tapahtuneen räjähdysvahinkoja pienennetään paineenpurkauskanavilla, joiden päässä on varsinainen purkausaukko. Purkauskanavilla järjestetään räjähdys synnyttämän paineen hallittu purkaminen purkausaukosta ulos. Paineenpurkauskanava sijoitetaan siten, että purkauspaine ei ole vaaraksi ihmisille tai omaisuudelle. Purkauskanavan sijasta voidaan käyttää avautuvia tai irtoavia seinärakenteita, joiden läpi räjähdys aiheuttama paine ohjataan turvalliseen suuntaan. Standardin SFS-EN 12779 luvussa 5.4.3.3 on lueteltu kaikki rakenteelliset toimet räjähdysvaikutuksen pienentämiseksi.

Ydinasiana räjähdysuojauksessa on purunpoistolaitteiston välitön sammuminen räjähdys yhteydessä. Käyntiään jatkava laitteisto saattaa helposti aiheuttaa tulipalon ja muita lisävahinkoja.

#### **4.5 Palosuojaus**

Puuta käsiteltäessä on tiedostettava puumateriaalin hyvät palo-ominaisuudet. Puumateriaalin palamisen estämiseksi puuta työstävien työntekijöiden on tiedettävä asianmukaiset palon ehkäisykeinot sekä selkeät toimintamallit, joilla jo syttynyt tuli sammutetaan ja rajataan tehokkaasti. Purunpoistojärjestelmän palonsuojausmääräykset täytetään hyvin

pitkälti palonkestävillä teräskanavilla sekä tiettyjen järjestelmänosien paloeristyksillä. Valmistajalta tilattava purunpoistojärjestelmä on yleensä sellaisenaan palosuojattu riittävästi järjestelmän valmistajan toimesta.

Edellytyksenä riittävään palosuojaukseen on kanaviston tiiviys ja kanavamateriaalina ruostumaton teräs. Usein palosuojaukseen vaikeuttaa palo-osastoja lävistävä talotekniikka, minkä vuoksi kanavat joudutaan varustamaan palopelleillä ja kanavien ja muun tekniikan läpiviennit täytyy paloeristää. Uudiskohteissa voidaan käyttää tehdasvalmisteisia palokatkotuotteita. Muita palo-osastoja palvelevien kanavien tulee olla paloeristetty määräysten mukaisesti. Jos esimerkiksi purujen keräyslaite on sijoitettu rakennuksen ulkopuolelle, tulee huolehtia riittävästä etäisyydestä ulkoseinään paloturvallisuuden varmistamiseksi. Purunpoistolaitteiston sijoittaminen tilaan, jossa se heikentää poistumismahdollisuuksia ei ole sallittua.

Purunpoistojärjestelmän helpoiten syttyvä osa on suodatin. Erityisen tärkeää on estää lämmön ja varsinaisten liekkien siirtyminen suodattimesta viereisiin laitteisiin. Lisäksi on tärkeää estää tulen ja savun leviäminen purunpoistokanavaa pitkin. (5, s.18) Savun ja tulen eteneminen kanavistossa voidaan estää palopelleillä ja läpivientien paloeristyksillä.

Purunpoistojärjestelmä voidaan varustaa erilaisilla lämpötila-antureilla, jotka havaitsevat ja reagoivat lämpötilojen nousuun ja automaation kautta sammuttavat järjestelmän jopa ennen varsinaisen tulipalon syttymistä. Puupurun purkukanavia voidaan varustaa kipinäilmaisimilla, joiden herkäät anturit reagoivat kuumien tai palavien hiukkasten lähettämään optiseen säteilyyn. Anturi lähettää tiedon kuumasta hiukkasesta eteenpäin ja tarvittaessa automaatio sammuttaa järjestelmän.

Kaikki suodattimet, purusäiliöt ja muut suljetut purunsäilytysastiat yli 1 m<sup>3</sup>:n tilavuudella on pakko varustaa palonsammutusjärjestelmällä (6, s.18). Sammutusjärjestelmän tarkemmista vaatimuksista voi lukea standardin SFS-EN 12779 luvusta 5.4.2.3.

#### 4.6 Putkisto/kanavisto

Kanavisto pyritään toteuttamaan pyöreällä kanavalla mahdollisuuksien mukaan, sillä il-mavirtaus on tasaisempaa pyöreässä kanavassa. Tasaisen virtaaman takia kanavan si-säpintaan ei pääse kertymään juurikaan puupölyä verrattuna kanttikanavaan, jossa ilman virtausnopeus pienenee pienillä tilavuusvirtauksilla jopa laminaariseksi kanavan reunoilla huolimatta suuresta ilmavirrasta kanavan keskiosassa. Ilman virtausnopeus mitoitetaan välille 20 - 30 m/s, jotta poistettavat partikkelit (puupöly ja -lastut) liikkuvat varmasti ilma-virran mukana, eivätkä pääse kertymään kanavan sisäpinnalle.

Alemmilla virtausnopeuksilla partikkeleiden kulkeutuminen on heikompaa ja kanaviston sisäpintaan alkaa kertyä puupölyä. Kertyvä puupöly täytyy poistaa kanavistosta, mikä lisää kanaviston nuohouskertoja ja täten myös kustannukset kasvavat. Jos kanavia ei nuohota säännöllisesti ja kanavistoon pääsee kertymään puupölyä, aiheutuu siitä jopa palovaara. Tästä syystä on tärkeää tarkistaa purunpoistokanavien sisäpintojen pölyker-tymä säännöllisesti.

Ilman virtausnopeuden ylittäessä 30 m/s alkaa kanavan sisäpinnan kulumisen lisääntyä partikkeleiden ja kanavan sisäpinnan kitkan kasvaessa, jonka takia kanaviston käyttöikä lyhenee ja kanaviston painehäviö kasvaa. Kasvaneen painehäviön takia hyödynnettävä paine-ero laskee. Taulukossa 2 on esitetty puupölyn, puurouheen ja puulastujen minimi poistoilman virtausnopeus kanavassa.

*TAULUKKO 2. Ilman minimivirtausnopeudet puupartikkelien kulkeutumiseksi (6, s. 18)*

Minimum conveying air velocity	dust	chips	shavings
low material load < 50 g m <sup>-3</sup>	12 ms <sup>-1</sup>	15 ms <sup>-1</sup>	18 ms <sup>-1</sup>
high material load < 150 g m <sup>-3</sup>	15 ms <sup>-1</sup>	18 ms <sup>-1</sup>	21 ms <sup>-1</sup>
conveying system	18 ms <sup>-1</sup>	22 ms <sup>-1</sup>	25 ms <sup>-1</sup>

Kanavistoon on hyvä suunnitella laitekohtaisia sulkupeltejä, joiden avulla imun saa sul-jettua laitteilta, jotka eivät juuri sillä hetkellä ole käytössä. Nykyisissä laitteistoissa voi olla taajuusmuuntajalla ohjattu moottori, jolloin puhallinta voidaan käyttää eri nopeuksilla tar-peen vaatiessa esimerkiksi vakio kanavapaineen perusteella säätävässä järjestelmässä.

Tällöin puhallin pyrkii ylläpitämään esiasetetun paineen kanavistossa, minkä seurauksena poistoilmahuuvien ilmavirrat pysyvät kutakuinkin vakiona.

#### **4.7 Laitteiden sijoittelu ja asennus**

Kaikki purunpoistojärjestelmään tulevat laitteet ja osat tulee suunnitella ja sijoittaa siten, että ne kykenevät kantamaan oman painonsa lisäksi myös ennakoitavissa olevien lisäkuormien paino. Ennakoitavissa olevat kuormat voivat olla esimerkiksi tarvittavien lisäosien tai huoltohenkilöiden painot. Myös esimerkiksi tuulen ja sammutusvesien kuormat täytyy ottaa huomioon suunniteltaessa laitteistojen kiinnityksiä. (6, s. 15.)

Imuysikkö kannattaa pyrkiä sijoittamaan mahdollisimman lähelle kohdepoistoa vaativia laitteita, jotta periaatteessa turhat kanaviston painehäviöt saadaan mahdollisimman pieniksi. Suurimman poistoilmavirran eli ”vaikeimman” laitteen sijoitus kannattaa tehdä mahdollisimman lähelle imuysikköä.

#### **4.8 Maadoittaminen**

Purunpoistojärjestelmän kaikki sähköä johtavat osat on maadoitettava ja purunpoistojärjestelmän kanavisto on rakennettava sähköä johtavasta materiaalista. Sähköä johtava materiaali estää kanaviston sähköisen varautumisen, joka voi aiheuttaa staattisen sähköön purkauksen ja sytyttää räjähtävän pölypilven. Tämän takia on tärkeää että kanaviston eri kohdissa ei saa olla eroa sähköpotentiaalissa. Kanavistoa ei saa päällystää sähköstaattisesti varautuvalla materiaalilla, esimerkiksi polyuretaanieristeellä. (6, s. 28.) Standardi on vaikeaselitteinen kanavamateriaalin osalta, sillä se ei suoraan kerro voiko muovikanavaa (sähköä johtamaton materiaali) käyttää kanavana.

## 5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kerätä tietoa purunpoistojärjestelmien suunnittelusta ja suunnittelua ohjaavista ohjeista ja koostaa niistä ohjemateriaalia purunpoistoon tutustuvalla insinöörille. Opinnäytetyö on koostettu pääasiassa internetistä löytyneiden lähteiden pohjalta. Opinnäytetyössä on selostettu lyhyesti, mitkä lakitekstit vaikuttavat ja ohjaavat suunnittelutyötä ja työn kulkua. Työssä myös tutkittiin milloin kyseisiä ohjeita voi hieman soveltaa suunnitteluun. Lisäksi opinnäytetyössä tarkasteltiin läpi korkea- ja matalapainejärjestelmien toimintaperiaatteet, erot ja yleisimmät käyttökohteet. Työssä perehdyttiin myös komponentteihin ja niiden lisäksi esimerkiksi räjähdysuojaukseen.

Purunpoistojärjestelmiä suunniteltaessa kannattaa olla yhteydessä laitevalmistajiin, sillä heiltä saa pyydettäessä paljon suunnittelua avustavaa kokemuseräistä tietoa ja apua laitteiden mitoituksessa ja valinnassa. Internet on purunpoistoja suunniteltaessa hyvä lähde, vaikka sieltäkin tietoa löytyy aika niukasti. Järjestelmien suunnittelua silmällä pitäen parhaat lähteet ovat englanniksi, mutta nekin alkavat olemaan hieman vanhentuneita.

Suunniteltaessa järjestelmää on tärkeää selvittää tilaajalta järjestelmältä vaadittavat ominaisuudet ja toiveet esimerkiksi laitteistojen käyttöajoista ja mahdollisista tulevaisuuden kapasiteetin laajentamisesta. Myös järjestelmän käyttäjiä kannattaa kuulla kokemuseräisen tiedon hankkimiseksi.

Aiheena purunpoisto oli mielenkiintoinen, mutta haastavaa työstä teki tiedon pirstaleisuus. Purunpoistojärjestelmät olivat minulle ennestään melko tuntemattomia, koska niitä ei käsitelty koulussa ollenkaan. Koen omaksuneeni paljon tietoa järjestelmien suunnittelusta ja erityisesti suunnitteluun vaikuttavista määräyksistä ja ohjeista opinnäytetyöprosessin aikana. Toivottavasti opinnäytetyöhön kootusta tiedosta on hyötyä tulevaisuudessa. Purunpoistojärjestelmien suunnittelun parissa on selvästi kova kysyntä osaaville suunnittelijoille.



## LÄHTEET

1. Liukkonen, Tuula. Puupölyn esiintyminen työssä. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/kemi-kaalit-ja-tyo/puupoly/> . Hakupäivä 4.4.2020.
2. Tietoverkko pölyntorjunnan avuksi. Saatavilla:<http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/poly-verkko/index.htm> . Hakupäivä 26.5.2020.
3. Kohdeilmastoinnin ja työympäristön suunnitteluopas. 2014. Tecalemit Oy. Helsinki. Saatavissa: <http://www.e-julkaisu.fi/teca/suunnitteluopas/mobile.html#pid=1> . Hakupäivä 26.5.2020.
4. Kulmala, Ilpo – Riipinen, Hannu – Säämänen, Arto – Welling, Irma 2004. Pölyntorjunta. Tampere. Saatavissa: <http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/poly-verkko/pace.pdf> . Hakupäivä 14.4.2020.
5. Raittimo, Ville 2019. . Opinnäytetyö. Purunpoistojärjestelmän suunnittelu oppimisympäristöön. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, talotekniikan tutkinto-ohjelma. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2019122927929> . Hakupäivä; 26.5.2020.
6. SFS-EN 12779. 2015. Safety of woodworking machines- Chip and dust extraction systems with fixed installation. Safety requirements. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS.
7. VIGIFLAP räjähdysten eristysventtiili. Sääto. Saatavissa: <https://saato.fi/tuotteet/rajahdysten-eristysventtiili-vigiflap/> . Hakupäivä 14.5.2020.
8. Oulun tilapalveluiden suunnitteluohje. 2019. Oulun Tilapalvelut. Saatavissa: [https://www.ouka.fi/documents/18242227/18344334/LVI\\_Suunnitteluohje\\_2019\\_Tilapalvelut.pdf/412c75f1-5181-4440-b6cd-41a1bb914916](https://www.ouka.fi/documents/18242227/18344334/LVI_Suunnitteluohje_2019_Tilapalvelut.pdf/412c75f1-5181-4440-b6cd-41a1bb914916) . Hakupäivä 26.5.2020 .
9. Burgess, William - A. Ellenbecker - Michael J. Treitman - Robert D 2004. Ventilation for control of work environment. John Wiley & Sons, Inc. ISBN 0-471-09532-X.

10.Asetus 1009/2017. Ympäristöministeriö. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009> . Hakupäivä 27.5.2020.